

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pra Koagulasi-Flokulasi

Penelitian ini dilakukan pengujian parameter awal air limbah untuk mengetahui keadaan awal air limbah Laboratorium Kimia Dasar FT UNTIRTA jenis logam dengan modul kesetimbangan kimia. Parameter yang diuji adalah pH, TDS, TSS, COD, dan Fe yang terkandung di dalam air limbah sebelum dilakukan pengolahan dengan metode aerasi dan koagulasi-flokulasi. Secara fisik, air limbah memiliki aroma yang menyengat dan warna limbah yang berwarna coklat pekat, seperti pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Air Limbah Awal Kimia Dasar

Parameter pH, TDS, TSS, COD, dan Fe yang terkandung dalam air limbah sebelum koagulasi-flokulasi seperti pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Air Limbah Sebelum Koagulasi-Flokulasi

Analisis awal	pH	TSS (ppm)	COD (ppm)	TDS (ppm)	Fe (ppm)
Air Limbah Awal Kimia Dasar (logam berat)	1,35	3850	2544,02	4125	738,9
Air Limbah Setelah Pengenceran	2,24	1353,33	1047,12	3170	277,35
Air Limbah Setelah Pengenceran dan Aerasi	2,72	866,5	1000,6	2460	0,094

Sampel yang diuji bersumber dari laboratorium kimia dasar dengan modul kesetimbangan kimia yang mengandung besi (III) nitrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$), besi (III) tiosinat ($\text{Fe}(\text{SCN})_3$), ferro ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$), kalium iodida (KI), dll. Air limbah tersebut dicampur hingga kandungannya tercampur merata, kemudian ditampung di dalam jerigen dan diperoleh volume yang cukup banyak untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. Air limbah yang akan diteliti belum melalui proses pengolahan baik secara kimia, fisika, atau biologi sehingga kandungannya masih sangat tinggi. Air limbah dilakukan proses *pre-treatment* dengan pengenceran (1:4). Karena nilai pH air limbah masih 2,24, perlu dinetralisasi menggunakan NaOH rentang 7-8 agar koagulan bekerja secara optimal.



(a)



(b)

Gambar 4.2 (a) Air Limbah Setelah Pengenceran, **(b)** Air Limbah Setelah Penambahan NaOH

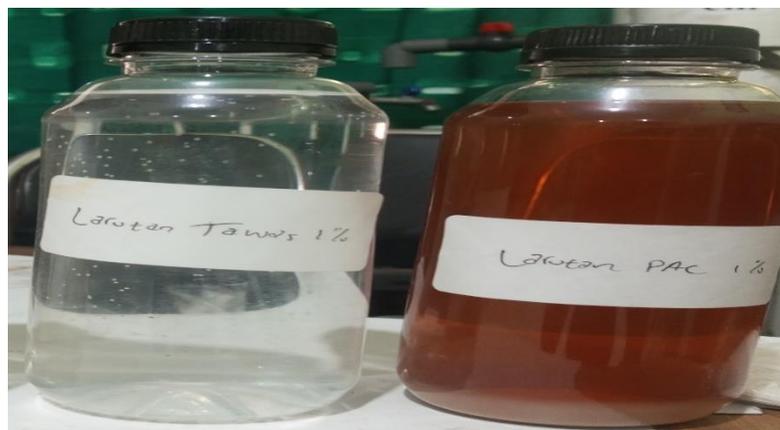
Pengenceran dapat mempengaruhi hasil pengolahan air limbah. Pengenceran memiliki prinsip menurunnya rasio suatu zat terlarut di dalam larutan akibat penambahan pelarut. Secara teknis, pengenceran berarti menambahkan pelarut ke dalam larutan pekat yang berkonsentrasi tinggi dan mencampurkannya hingga merata untuk mendapatkan volume akhir yang besar. Pengenceran bertujuan untuk mengurangi konsentrasi parameter air limbah yang sangat tinggi, seperti TDS, TSS, COD, dan Fe. Jika tidak dilakukan pengenceran terlebih dahulu, konsentrasi parameter yang tinggi tidak turun secara signifikan (Raimon, 2011).

Selain pengenceran, penambahan NaOH juga dapat meningkatkan nilai pH air limbah. NaOH merupakan senyawa yang bersifat basa, memiliki kelarutan yang baik terhadap air, mudah mengendapkan logam berat, dll. Pengendapan logam berat pada air limbah sangat dipengaruhi oleh pH. Penambahan basa kuat pada air limbah dapat mengubah logam yang mudah larut menjadi sukar larut. Logam berat yang mengendap membentuk logam hidroksida (Nurhayati dkk, 2020).



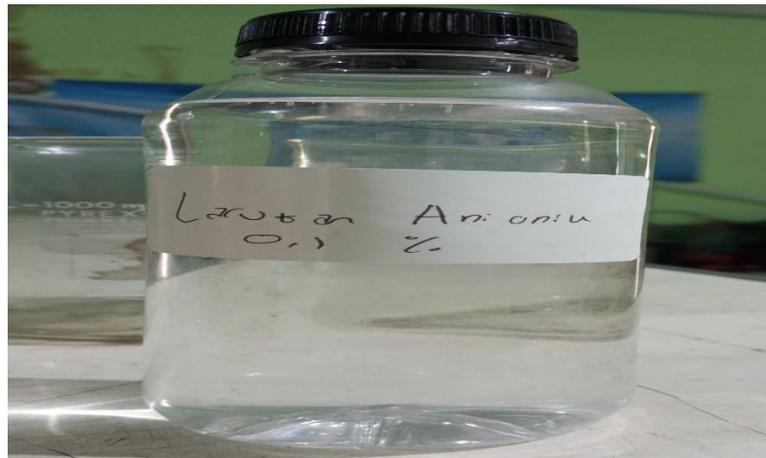
Gambar 4.3 Aerasi Air Limbah

Aerasi adalah proses melarutkan oksigen ke dalam air. Efektivitas dari aerasi tergantung dari luas permukaan air yang berkontak secara langsung dengan udara. Aerasi digunakan untuk mengoksidasi logam berat seperti besi dan mangan yang terkandung dalam air, kandungan bahan organik, zat warna, kekeruhan, dan mereduksi amonia melalui proses nitrifikasi. Ion logam yang terkandung seperti besi dan mangan akan mengalami oksidasi membentuk endapan sehingga dapat dihilangkan dengan filtrasi dan sedimentasi (Komala dan Aziz, 2019).



Gambar 4.4 PAC dan Aluminium Sulfat

Pemilihan flokulan 0,1 % dan koagulan 1 % dalam penelitian ini untuk memastikan pencampuran yang baik dan efisiensi dalam mengurangi polutan yang terdapat dalam air limbah. Konsentrasi koagulan 1 % berarti 5 g bubuk aluminium sulfat dan PAC dilarutkan ke dalam 500 ml air, sementara flokulan 0,1 % berarti 500 mg bubuk polimer anionik dilarutkan ke dalam 500 ml. Pemilihan konsentrasi berdasarkan pada kebutuhan untuk menurunkan kadar polutan yang tinggi dalam air limbah terutama untuk parameter TDS, TSS, COD, dan Fe. Penambahan dosis koagulan dan flokulan sesuai kebutuhan agar proses koagulasi-flokulasi dapat berjalan dengan baik (Sabilina dkk, 2018).



Gambar 4.5 Polimer Anionik

Penelitian yang dilakukan menggunakan koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC), sedangkan flokulan yang digunakan adalah polimer anionik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nur dan Ningsih (2020) dalam mengolah limbah industri farmasi, penelitian tersebut menggunakan flokulan polimer kationik dan anionik. Diperoleh hasil yang optimum pada olahan limbah dengan flokulan polimer anionik. Penggunaan flokulan polimer anionik lebih mengikat flok yang terkandung dan membuat air yang terdapat di dalam limbah lebih jernih daripada flokulan polimer kationik.

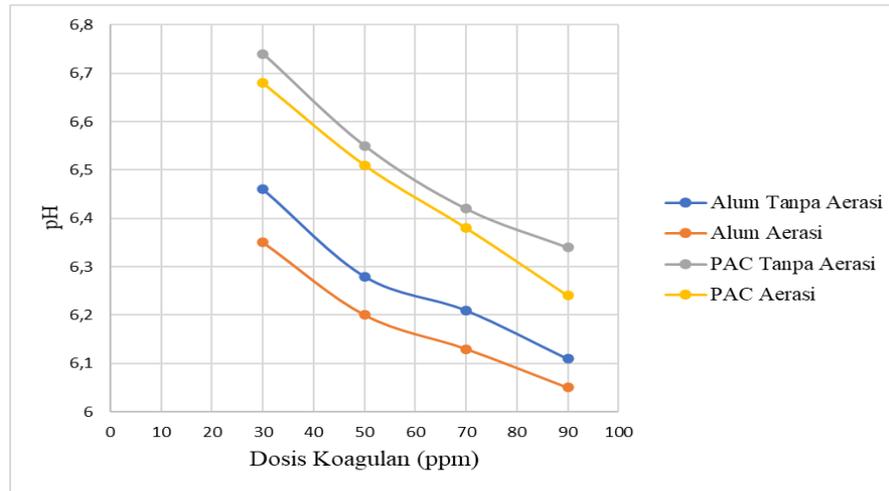
4.2 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan pH

pH air limbah yang rendah (bersifat asam) dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Penggunaan bahan kimia yang bersifat asam, seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3), asam klorida (HCl), dll. Beberapa reaksi kimia dalam laboratorium menghasilkan produk samping berupa asam, misalnya reaksi oksidasi atau reduksi menghasilkan ion H^+ yang meningkatkan keasaman air. Air limbah juga mengandung bahan organik yang mengalami dekomposisi mikroba yang menghasilkan senyawa asam larut dalam air dan membentuk ion karbonat. Selain itu, terdapat kandungan besi (Fe) dalam pipa atau peralatan laboratorium menyebabkan korosi yang dapat menghasilkan ion logam dan produk samping bersifat asam sehingga menurunkan pH air limbah (Wijayanti dkk, 2024). Maka dari itu, perlu dilakukan netralisasi pH awal air limbah yang asam 2,24 menjadi rentang 7-8 untuk mengoptimalkan proses koagulasi-flokulasi.

Tabel 4.2 Penurunan Nilai pH

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	pH	6,46	6,28	6,21	6,11
	Aerasi 30 menit		6,35	6,2	6,13	6,05
PAC	Tanpa Aerasi		6,74	6,55	6,42	6,34
	Aerasi 30 menit		6,68	6,51	6,38	6,24

Setelah diperoleh data penurunan nilai pH, dapat diplot grafik dengan aerasi dan tanpa aerasi sebagai berikut.

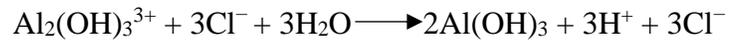
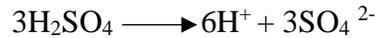


Gambar 4.6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan pH

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa pH air limbah semakin menurun dengan banyaknya penambahan dosis koagulan PAC dan aluminium sulfat tanpa aerasi dan dengan aerasi. Penambahan koagulan aluminium sulfat terjadi penurunan yang lebih tinggi daripada koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dengan aerasi dan tanpa aerasi. Hal tersebut dikarenakan penambahan dosis koagulan pada air limbah menunjukkan adanya perubahan warna dan kekeruhan. Selain itu, aerasi dapat meningkatkan pH air limbah karena menyisihkan gas terlarut CO_2 di dalam air. Maka dari itu, pH air limbah tidak turun drastis setelah dilakukan koagulasi-flokulasi (Komala dan Aziz, 2019).

Nilai pH hasil koagulasi-flokulasi mengalami penurunan disebabkan penambahan koagulan sehingga menjadi lebih asam. Hal ini sesuai pernyataan Zakaria dkk, (2021) bahwa penambahan koagulan menyebabkan terjadinya reaksi antara air dengan struktur kimia koagulan. Hal tersebut menyebabkan adanya molekul air yang terpecah menjadi ion OH^- dan H^+ . Kandungan ion H^+ tersebut dapat menurunkan pH air limbah. Reaksi yang terjadi dapat dilihat sebagai berikut:





Menurut Susilo dan Finela, (2022) pH air limbah semakin menurun sebanding dengan banyaknya dosis koagulan aluminium sulfat yang ditambahkan. Sebaliknya, pemberian dosis aluminium sulfat yang sedikit menyebabkan semakin kecil penurunan pH air limbah. Hal tersebut bahwa aluminium sulfat tergolong garam kapur yang tidak memiliki ion H^+ dan tidak dapat menurunkan pH air limbah secara langsung. Senyawa tersebut perlu ditambahkan ke dalam air untuk membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat tersebut menyebabkan pH pada air limbah turun dengan pelepasan ion H^+ yang terdapat di reaksinya. Reaksi hidrolisis aluminium sulfat melepaskan ion H^+ sebanyak 6.

Selain itu, menurut Nur dan Ningsih (2020) reaksi hidrolisis Poly Aluminium Chloride (PAC) melepaskan ion H^+ sebanyak 3. Ion ini menyebabkan pH air menjadi lebih asam dari sebelumnya. Selain ion H^+ , kandungan basa yang terdapat pada koagulan PAC menambahkan gugus hidroksil sehingga nilai pH tidak terlalu turun drastis daripada koagulan Aluminium Sulfat. Dari pernyataan tersebut baik dengan aerasi dan tanpa aerasi, pH air limbah setelah penambahan koagulan aluminium sulfat lebih asam dibandingkan dengan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC).

Pengolahan air limbah dengan aerasi dan tanpa aerasi untuk parameter pH sudah memenuhi baku mutu air limbah sesuai Permen-LH-No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII yaitu 6 – 9. Diperoleh pH air limbah setelah pengolahan dengan rentang keseleruhan 6,05 – 6,74.

4.3 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TDS

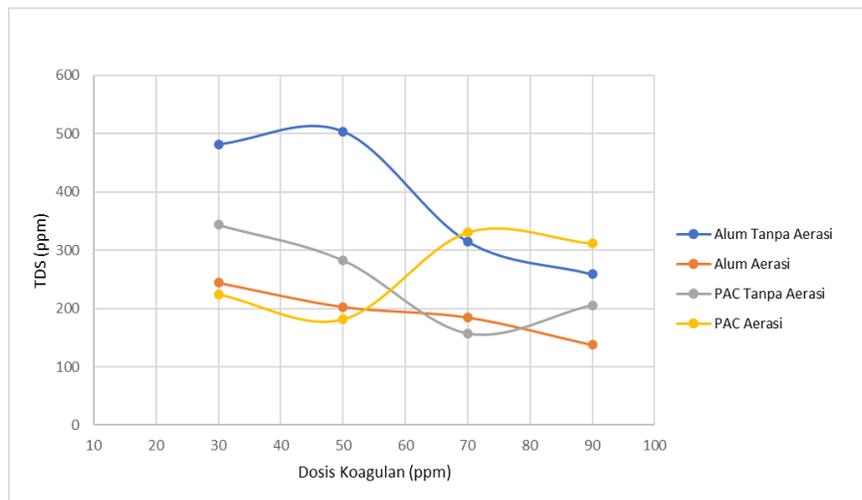
Tingginya kadar TDS dalam air limbah dapat disebabkan oleh beberapa faktor. pH air limbah menjadi salah satu penyebab tingginya kadar TDS. Ion-ion logam yang larut dalam air pada pH rendah menyebabkan kadar TDS menjadi tinggi. Limbah

laboratorium yang mempunyai karakteristik bahan kimia yang tinggi memiliki pengaruh terhadap perubahan pH (Nurhayati dkk, 2018). Hasil penyaringan cairan yang diperoleh (filtrat) dari tiap variasi diukur menggunakan TDS meter. Pengaruh dosis koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi terhadap penyisihan kadar TDS ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Penyisihan Kadar TDS

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	TDS	482	504	315	259
	Aerasi 30 menit		244	203	185	141
PAC	Tanpa Aerasi		344	283	157	206
	Aerasi 30 menit		225	182	331	312

Setelah diperoleh data penyisihan kadar TDS, dapat diplot grafik kedua koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi sebagai berikut.



Gambar 4.7 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TDS

Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh pengaruh dosis koagulan terhadap penyisihan kadar TDS tanpa aerasi dan dengan aerasi. Semakin tinggi dosis koagulan, maka kadar TDS cenderung semakin menurun. Menurut Zakaria dkk, (2021) penambahan koagulan merupakan adanya pelepasan kation untuk menetralkan muatan negatif koloid yang terdapat di dalam air sehingga terjadi gaya Van Der Waals atau tarik menarik-menarik yang mengakibatkan partikel koloid terflokulasi. Penambahan dosis yang berlebihan pada koagulan PAC dan aluminium sulfat menyebabkan terjadinya pelepasan kation berlebih daripada yang dibutuhkan koloid di dalam air bermuatan anion untuk saling berikatan membentuk flok. Akibatnya, penyerapan kation berlebih oleh partikel koloid sehingga koloid memiliki muatan positif dan terjadi gaya tolak-menolak yang mengakibatkan deflokulasi ditandai dengan meningkatnya kadar TDS.

Berdasarkan hasil penyisihan kadar TDS, diperoleh dosis optimum penggunaan koagulan PAC dan aluminium sulfat. Koagulan aluminium sulfat 90 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TDS 91,82 % dan koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TDS 95,64 %. Selanjutnya, koagulan PAC 70 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TDS 95,04 % dan koagulan PAC 50 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TDS 94,25 %. Penambahan koagulan aluminium sulfat dengan aerasi menunjukkan efisiensi penyisihan kadar TDS lebih tinggi dibandingkan dengan koagulan PAC. Maka dari itu, penyisihan kadar TDS paling optimum menggunakan koagulan aluminium sulfat.

Hasil analisis kadar TDS dengan koagulan PAC dan aluminium sulfat sudah mengalami penyisihan yang tinggi sehingga memenuhi standar baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII tentang baku mutu air limbah usaha dan/atau kegiatan yang belum ditetapkan. Standar baku mutu kadar TDS yang diperbolehkan yaitu golongan I rentang 0-2000 ppm.

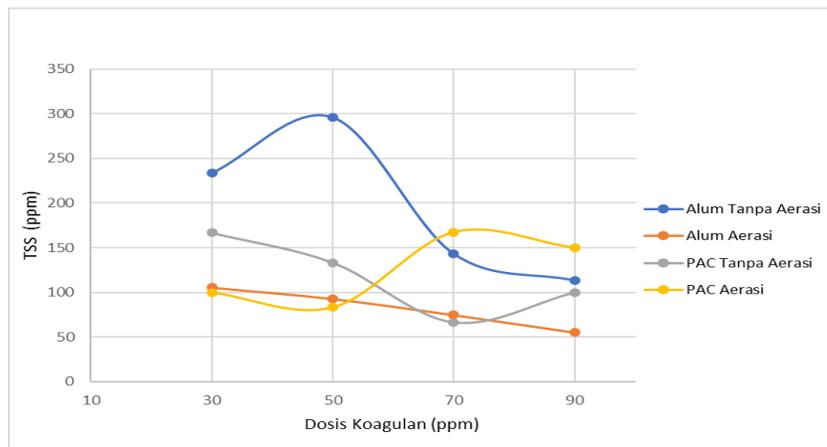
4.4 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik. Dampak buruk yang ditimbulkan dari bahan organik yang tersuspensi di dalam air menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme *producer*. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya penetrasi matahari ke dalam badan air sehingga kekeruhan air meningkat (Riskawanti dkk, 2016). Penyisihan kadar TSS setelah dilakukan koagulasi-flokulasi dapat dilihat seperti tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Penyisihan Kadar TSS

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	TSS	233,33	295,66	143,33	113,33
	Aerasi 30 menit		105,53	92,78	74,66	55
PAC	Tanpa Aerasi		166,66	133,33	66,66	100
	Aerasi 30 menit		99,98	83,33	167,33	150

Setelah diperoleh data penyisihan kadar TSS, dapat diplot grafik dengan aerasi dan tanpa aerasi sebagai berikut.



Gambar 4.8 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS

Berdasarkan grafik tersebut, kadar TSS cenderung mengalami penurunan dengan penambahan kedua koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi. Penambahan dosis koagulan menyebabkan partikel koloid saling berikatan membentuk flok dengan jumlah yang banyak. Flok yang mengendap setelah koagulasi-flokulasi menandakan kadar TSS menurun. Kadar TSS yang kembali meningkat setelah koagulasi-flokulasi disebabkan dosis yang diberikan berlebihan sehingga gaya elektrostatis atau tarik-menarik antara koloid yang bergabung menjadi flok berukuran sangat besar dan menyebabkan ikatan rusak. Hal tersebut mengakibatkan partikel koloid mengalami restabilisasi sehingga kadar TSS kembali meningkat (Tantri dkk, 2022).

Berdasarkan hasil analisis kadar TSS, diperoleh dosis optimum koagulan aluminium sulfat dan PAC. Koagulan aluminium sulfat 90 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TSS 91,62 % dan koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TSS 95,93 %. Koagulan PAC 70 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TSS 95,07 % dan koagulan PAC 50 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TSS 93,84 %. Penyisihan kadar TSS paling optimum adalah menggunakan koagulan PAC 70 ppm tanpa aerasi dan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi. Maka dari itu, koagulan aluminium sulfat mampu menurunkan kadar TSS sampai terkecil.

Koagulan aluminium sulfat lebih efektif daripada PAC hal ini sesuai penelitian Zaimaturahmi dkk, (2023) bahwa aluminium sulfat dikenal sebagai koagulator yang memiliki kemampuan dalam menjernihkan air dengan proses penggumpalan dan dapat mengendapkan partikel yang melayang atau tersuspensi. Selain itu, aluminium sulfat disebut sebagai koagulan yang mampu mengentalkan kotoran sehingga air hasil koagulasi-flokulasi menjadi jernih. Penggunaan kedua koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi mampu menurunkan kadar TSS sampai terkecil. Terdapat 2 hasil kadar TSS yang belum memenuhi standar baku mutu air limbah Permen LH No.5 Tahun 2014 golongan I yaitu 233,33 ppm dan 295,66 ppm.

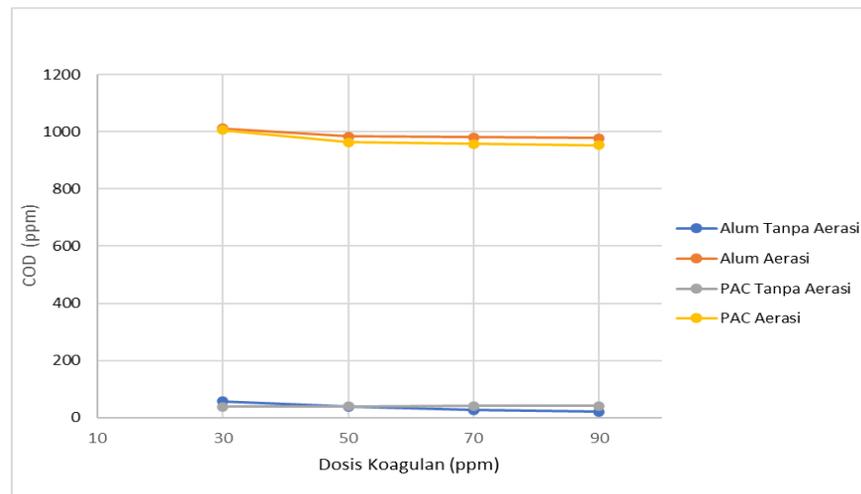
4.5 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan COD

Berdasarkan hasil pengujian air limbah awal, diperoleh kadar COD yang melewati baku mutu sebesar 2544,2 ppm. Kadar COD yang tinggi disebabkan tingginya kandungan bahan organik, penggunaan bahan kimia yang tidak mudah mengurai secara biologis, dan logam berat di dalam air limbah yang dapat mempengaruhi kemampuan oksidasi dalam pengolahan air limbah. Kadar COD yang tinggi menyebabkan oksigen yang terkandung di dalam air semakin berkurang. Penyisihan kadar COD dapat membuat kualitas air menjadi lebih baik (Andika dkk, 2020). Penelitian yang dilakukan menggunakan metode aerasi dan koagulasi-flokulasi dengan koagulan PAC dan aluminium sulfat. Penyisihan kadar COD dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Penyisihan Kadar COD

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	COD	57,19	38,76	27,4	21,34
	Aerasi 30 menit		1011,2	984	980,6	978
PAC	Tanpa Aerasi		37,92	39,38	40,89	41,8
	Aerasi 30 menit		1005,4	962,7	956,75	953,2

Setelah diperoleh data penyisihan kadar COD, dapat diplot grafik dari kedua jenis koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi sebagai berikut.



Gambar 4.9 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan COD

Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat pengaruh penambahan dosis koagulan terhadap penyisihan kadar COD tanpa aerasi dan dengan aerasi. Semakin besar dosis koagulan yang ditambahkan, maka semakin kecil kadar COD. Penyisihan kandungan bahan-bahan organik air limbah mengakibatkan turunnya konsentrasi COD. Partikel yang bersifat organik memiliki muatan anion dan banyaknya koagulan-flokulan yang ditambahkan akan membentuk mikroflor hingga akhirnya berikatan membentuk partikel yang berukuran lebih besar (Sabilina dkk, 2019).

Berdasarkan hasil tersebut, penurunan kadar COD yang optimum dengan menggunakan koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi. Hal tersebut kurang sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa aerasi menggunakan koagulan PAC dan aluminium sulfat seharusnya menurunkan kadar COD sampai terkecil. Hal tersebut disebabkan oksigen yang dilarutkan ke dalam air dapat menguraikan bahan organik yang terkandung di dalam air limbah. Selain itu, aerasi juga memanfaatkan bakteri aerob untuk menurunkan kadar COD air limbah. Bakteri aerob adalah bakteri yang memanfaatkan oksigen bebas untuk menguraikan bahan organik. Bakteri aerob dapat bekerja secara optimal dengan adanya ketersediaan oksigen yang cukup selama proses metabolisme dan bermanfaat untuk menurunkan

kadar zat organik pada air limbah. Oksigen juga berperan untuk membantu proses oksidasi kimia dan menghilangkan bau berlebihan. Kadar COD yang masih tinggi setelah proses aerasi disebabkan adanya faktor pengenceran dan netralisasi yang kurang akurat sehingga bakteri kurang bekerja secara optimal pada pH tersebut (Vitricia dkk, 2022).

Berdasarkan hasil penyisihan kadar COD, diperoleh dosis optimum koagulan aluminium sulfat dan Poli Aluminium Chloride (PAC). Koagulan aluminium sulfat 90 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar COD 97,96 % dan koagulan PAC 70 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan COD 96,37 %. Dosis koagulan tersebut optimum karena mampu menurunkan kadar COD paling tinggi. Koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi lebih efektif daripada PAC dalam menurunkan kadar COD air limbah. Walaupun kadar COD setelah aerasi masih sangat besar, variasi tanpa aerasi masih sesuai baku mutu. Oleh karena itu, perlu diperhatikan proses perlakuan awal air limbah sebelum ke proses koagulasi-flokulasi agar kadar COD setelah pengolahan sesuai yang diharapkan.

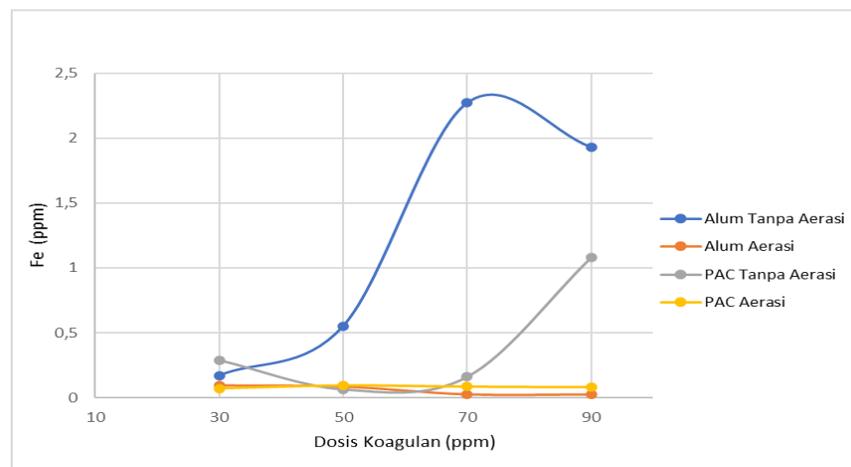
4.6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Fe

Kadar Fe yang tinggi pada air limbah disebabkan oleh beberapa faktor. Penggunaan bahan kimia mengandung ion Fe yang digunakan sebagai reagen untuk uji sampel, seperti besi (III) nitrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$), besi (III) tiosinat ($\text{Fe}(\text{SCN})_3$), ferro ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$), dll. Selain itu, terdapat bakteri seperti *Crenothrix* dan *Gallionella* yang menggunakan Fe^{2+} sebagai sumber energi, kemudian mengendapkan Fe^{3+} di lingkungan, berkontribusi pada tingginya kadar besi di perairan dan pada pH air limbah yang rendah (asam). Hal tersebut menyebabkan kadar Fe lebih mudah larut dan menjadi lebih tinggi di perairan. Dengan dilakukannya metode aerasi dan koagulasi-flokulasi, dapat menurunkan kadar Fe sampai terkecil. Penyisihan kadar Fe dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Penyisihan Kadar Fe

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	Fe	0,17	0,55	2,27	1,93
	Aerasi 30 menit		0,093	0,084	0,025	0,024
PAC	Tanpa Aerasi		0,29	0,064	0,16	1,08
	Aerasi 30 menit		0,072	0,096	0,086	0,082

Berdasarkan hasil penyisihan kadar Fe, penggunaan koagulan aluminium sulfat lebih efektif dalam menurunkan kadar logam Fe dengan aerasi dan tanpa aerasi. Selain itu, efektivitas aerasi lebih tinggi dalam menurunkan kadar Fe pada kedua koagulan. Aerasi dapat menurunkan kadar Fe di dalam air. Aerasi bekerja dengan cara mengoksidasi ion Fe^{2+} (ferro) menjadi Fe^{3+} (ferri). Besi dalam bentuk Fe^{2+} bersifat larut dalam air, namun setelah dioksidasi menjadi Fe^{3+} , besi tersebut akan membentuk senyawa Fe_2O_3 (oksida besi) yang dapat mengendap. Endapan ini kemudian dapat dipisahkan dari air melalui filtrasi atau sedimentasi (Komala dan Aziz, 2019).

**Gambar 4.10** Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Fe

Berdasarkan grafik tersebut, kadar Fe cenderung mengalami penurunan setelah koagulasi-flokulasi dengan penambahan kedua koagulan dengan aerasi dan cenderung meningkat tanpa aerasi. Semakin banyaknya dosis koagulan dan flokulan yang ditambahkan, maka semakin tinggi penyisihan kadar Fe. Kadar Fe yang kembali meningkat setelah ditambahkan koagulan disebabkan pemberian dosis berlebih yang akan berubah menjadi pengotor di dalam air limbah. Dosis koagulan yang berlebihan mengakibatkan ion kation berlebih tersuspensi yang menyebabkan kembalinya muatan (restabilisasi) oleh partikel koloid. Hal tersebut adanya adsorpsi *counter* ion atau ion lawan yang merupakan kation. Ketika terlalu banyak *counter* ion yang terserap oleh partikel koloid, muatan akan menjadi positif dan partikel-partikel saling tolak-menolak. Hal tersebut akan mencegah gaya Van Der Waals bekerja. Selain itu, hasil yang diperoleh dengan penambahan dosis koagulan rendah menghasilkan flok berukuran kecil yang mengakibatkan partikel koloid sedikit terjerat. Hal tersebut menurunkan efisiensi mekanisme *sweep floc* (Wulan dkk, 2010).

Berdasarkan hasil penyisihan kadar Fe, diperoleh dosis optimum koagulan aluminium sulfat dan Poli Aluminium Chloride (PAC). Koagulan aluminium sulfat 30 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar Fe 99,93 % dan koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar Fe 99,99 %. Penambahan koagulan PAC 50 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar Fe 99,976 % dan koagulan PAC 30 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar Fe 99,974 %. Penggunaan koagulan PAC dan aluminium sulfat dengan aerasi optimum dalam menurunkan kadar Fe. Akan tetapi, penggunaan koagulan aluminium sulfat dengan aerasi dan tanpa aerasi lebih optimum dalam menurunkan kadar Fe lebih.